

- 1144
- 13 Nakajo M et al. J Nucl Med, 1983; 24: 672
- 14 Maurea S et al. J Nucl Med, 1993; 34: 173-179
- 15 Troncône L et al. Eur J Nucl Med, 1990; 16: 325-335
- 16 Miki T et al. Clin Nucl Med, 1995; 20: 284-285
- 17 Ackery DM et al. Br Med J, 1984; 288: 1587-1591
- 18 Krenning EP et al. Eur J Nucl Med, 1993; 20: 716-731
- 19 Tenenbaum F et al. J Nucl Med, 1995; 36: 1-6
- 20 Buxton-Thomas M et al. Nucl Med Commun, 1994; 15: 223-224
- 21 Munkner T. Semin Nucl Med, 1985; 15: 154-160
- 22 Hoefnagel CA et al. Nucl Med Commun, 1994; 15: 712-717
- 23 Hoefnagel CA et al. Eur J Nucl Med, 1985; 11: A17
- 24 Sisson JC et al. J Nucl Med, 1984; 25: 197-206
- 25 Maurea S et al. J Nucl Med, 1994; 35: 1429-1435

(收稿日期: 1995-12-21)

韧致辐射显像的进展

中山医科大学孙逸仙纪念医院(广州, 510089) 蒋宁一综述 吕斌 管昌田* 审校

摘要:利用现有核素显像设备进行韧致辐射显像,能观察纯 β 核素在体内的分布和代谢状况。由于韧致辐射与 γ 射线的物理特性不同,因此显像的采集和处理条件不一样。一般认为,选用高能准直器,设置较宽能窗,经过合理的衰减校正和滤波,可以获得较好的图像。开展这项工作,对临床核素治疗有一定价值。

关键词:韧致辐射显像 临床应用

近年来,应用放射性核素内照射治疗疾病的方法不断增加,特别是在肿瘤治疗方面,给许多中晚期恶性肿瘤患者带来希望,如“核弹头”导向治疗、放射性微球栓塞治疗以及放射性胶体局部或腔隙注射治疗等。实践中,大家公认选用辐射效应较强的纯 β 类核素药物疗效最好,如 ^{90}Y 、 ^{32}P 等。但是,这类药物的最大不足之处是不能用常规核素显像方法获得图像,以提供药物的体内分布和代谢状况的资料,给临床应用带来不便。为了弥补这一不足,许多学者^[1-8]利用现有核素成像设备探索对 β 类核素进行韧致辐射显像,随着纯 β 核素开始在治疗中的应用,人们就希望并注意到韧致辐射显像的可能性。Simon等人^[2]最早用一直线扫描器对使用 ^{32}P 治疗的病人进行扫描,获得患者腹部及肝脏的韧

致辐射影像。以后,随着核医学显像设备的发展,不少学者开始应用 Anger 照像机或 SPECT 进行韧致辐射显像^[3,4],并取得了较为满意的效果。

1 β 粒子的物理特性和韧致辐射成像原理

纯 β 类核素指该类放射性核素在衰变过程中仅能放出 β 粒子,包括 β^- 和 β^+ 。医疗中常选用 β^- 类核素。 β 粒子与物质的直接作用主要是电离和激发,包括电荷的引力和斥力作用,由于它在组织中的电离密度大,产生较好的辐射生物效应,故临床上用以治疗疾病。 β 粒子的另一物理特点是与周围物质相互作用时,由于运动中受到原子核库仑场的作用,速度突然降低,这时电子能量的一部分或全

* 华西医科大学附一院核医学科

部转变为连续能量的韧致辐射。现有核素成像设备(如 Anger照像机、SPECT等),是利用核素发射 γ 射线经过准直器作用在碘化钠(铯)闪烁晶体上激发出一定强度的荧光,然后通过光导达到光电倍增管形成脉冲讯号,经放大、转换和计算机处理成图像。虽然纯 β 类核素本身无 γ 射线,其带电粒子的射程较短而不可能用以直接成像,但韧致辐射与 γ 射线具有类似的物理特性,同样属于电磁波,能使荧光物质如碘化钠晶体产生荧光,其光子能量范围可以从带电粒子的全部能量(最大)到0(最小),是一连续能谱,只要合理利用它的物理特性,用现有核素显像设备进行体外显像是可能的。

由于韧致辐射的频率、真空中的波长、能谱曲线、辐射穿透力和散射等物理特点与 γ 射线不同,显像时的图像采集和处理条件选择显然不同于常规 γ 射线成像。

2 显像方法

现有核设备是以单光子为基础而设置的,而韧致辐射的物理特性不同,因而采集条件和图像处理的参数应给予修正。

2.1 能量范围与窗宽

早期研究较多的是 ^{32}P 成像,由多道分析仪实验得出的数据及 γ 像机显示的图像表明能谱曲线是连续的,最大光子丰度为70keV左右^[3,8,9]。显像中设置能量阈值和窗宽应满足获得最佳图像信噪比。Kaplan等^[3]使用能量在81keV的90%的窗宽,Boye等^[5]对40keV至180keV之间的光子采用了多窗口技术,而Clarke等^[6]根据自己的经验把能窗选择在较宽的范围内(57~285keV),以提高探测灵敏度并补偿准直器所致的低几何效率,能窗选择组合可为76keV-50%、190keV-99%,实验证实,用这种宽能量窗测量到的准直器的点扩展函数(PSF)的反应是对称的。Siegel^[7]采用双探头SPECT,能量窗宽取 $100\text{keV} \pm 25\%$ 。国内报道,可采取将下阈值

定在能谱曲线起始点,提高上阈值,较宽能量范围的偏心窗采集。

2.2 准直器的选择

准直器是安置在晶体前方的一种特制屏蔽,使非规定范围和非规定方向的射线不得入射晶体,起定位采集信息的作用。由于其孔数、孔径、孔深及孔间壁厚度等参数不同而分为多种类型,取哪一种,选择很重要。由于临床治疗中常使用较高能量的带电粒子,而由此产生的韧致辐射穿透力强,许多学者都主张选用高能准直器。也有人^[5,7]使用中能平行孔准直器。Clarke等^[6,10]认为,选用长距离、高能量准直器可以减少因距离引起的分辨力的变异。尽管降低了几何效率,但测量治疗剂量的放射性活度的敏感性仍很高。Penney^[11]在工作报道中指出,韧致辐射显像的经验认为,选用高能准直器能提高分辨率。Cullom等^[12]认为,在韧致辐射显像中,准直器应适应稳定的重建需要的滤波器。国内作者^[8]对常用几种准直器作了模型对比实验,认为高能针孔准直器所获得的图像清晰,对比度好。

2.3 衰减校正和滤波函数

韧致辐射与 γ 射线一样,虽有较强的穿透力,但其穿透距离延伸仍近似于指数规律衰减,因而在体内的深度影响它在体表的实测值,显像中必须进行衰减校正以恢复它在体内分布的真实值,才能保证图像和数据的精度。根据SPECT衰减校正的计算方法可分类为预处理校正、固有校正和后处理校正,目前后处理衰减校正应用最为广泛^[13],且多采用Chang氏^[14]算法,目的在于能精确测量放射性分布。Clarke等^[6]通过模拟人体模型实验,用水作为散射介质,用一可移动的 ^{32}P 球形源获得不同深度的放射性计数,得到的线性衰减系数为0.13/cm,而用Wiener滤波器行图像处理后的系数为0.14/cm,所测量到的衰减变异在实验误差之内,认为这对于治疗剂量的 ^{32}P 或 ^{90}Y 显像敏感性较高。

Siegel^[15]用类似人体的物质及空气介质,获取许多不同深度(距离)的韧致辐射图,通过 ROI(感兴趣区)得到各种距离的放射性计数,经资料分析认为,衰减系数为 0.13,其不同深度所获数据之间相关系数为 -0.999

Penney 证明, Wiener 修复滤波可部分弥补光子散射的模糊效果和低中能光子对准直器的穿透, Wiener 滤波的应用对韧致辐射比观察单光子探测显示更好的分辨能力。Petri 等^[4]选用 Gaussian 滤波时用 0.4 的截止频率(f_c)和 25 的陡度(n),而选用 Butterwoth 滤波时则 f_c 和 n 分别用 0.35 和 5 Siegel 在使用双探头 SPECT 重建过程中采用 Butterwoth-5 滤波时则取 f_c 为 0.6

3 临床应用

韧致辐射显像对临床使用纯 β 核素治疗的病人了解其体内药物分布情况、代谢途径和速度,监测病情都有较大临床意义。Kaplan 对 24 名妇科肿瘤患者接受 ^{32}P 腹腔内注射后,用 γ 像机作韧致辐射显像以观察和追踪体内药物分布情况,见到药物注射后先是迅速扩散,数分钟后分散在腹部,以后较长时间内保持不变,计算机分析表明,浓聚灶的放射性是非浓聚部位的 5 倍。24 名患者中 18 例有淋巴结的吸收,胸内淋巴结显影与胸膜瘤相关,其灵敏度为 0.25,特异性为 0.85。Balachndran 等^[9]对 1 例蝶鞍囊肿病人使用 ^{32}P 治疗后进行显像观察,并用模型对比,证实了药物到达的位置而且通过计算获得相对剂量数。Petri 等^[9]对 1 例胸部肿瘤腔内注入 ^{32}P 的病人用 SPECT 韧致辐射显像观察药物到达部位并与 X-CT 进行比较,结果相符。国内报道^[16],对 ^{90}Y 玻璃微球肝动脉灌注

的病人, ^{90}Y -EDTMP 治疗骨转移瘤以及其它使用 β 核素治疗的病人共 17 例进行平面韧致辐射显像,效果满意。Siegel 对 4 例肿瘤患者使用 ^{32}P 后不同时间进行 SPECT 韧致辐射断层显像,并通过模型实验进行定量分析。结果表明,模型和病人的结果一致性很好,图形中所计算出的放射性是受检者实际用量的 16.9%, 3% 的固定阈值适合计算放射性活度。

韧致辐射显像检测接受 β 核素治疗的病人无需再用药物,简便、迅速、结果可靠,而且只要有核素显像设备就可进行。因此,开展这项工作,对临床推广应用放射性核素治疗疾病将起积极作用。

参考文献

- Selby P et al. Int Cancer News, 1986; 4: 7
- Simon N et al. J Mt Sinai Hospital NY, 1966; 33: 365-370
- Kaplan WD et al. Radiology, 1981; 138: 683-688
- Petri B et al. Clin Nucl Med, 1992; 17: 709-710
- Boye EB et al. Br J Radiol, 1984; 57: 395
- Clarke LP et al. J Nucl Med, 1992; 33: 161-166
- Siegel JA. Annbody Immunocnj Radiopham, 1994; 7: 1-10
- 蒋宁一等. 核技术, 1994; 17: 184-187
- Balachandran S et al. Int J Nucl Med Biol, 1985; 12: 215-221
- Clarke LP et al. Med Phys, 1989; 16: 512-513
- Penney BC et al. IEEE Trans Med Image, 1990; 9: 60-70
- Cullom SJ et al. Med Phys, 1989; 16: 469
- Zanzonico PB. Semin Nucl Med, 1978; 19: 47-61
- Chang LT. IEEE Trans Nucl Sci, 1978; NS-25: 638-642
- Siegel JA. J Nucl Med, 1994; 35: 1213-1216
- 蒋宁一等. 中华核医学杂志, 1994; 14: 220

(收稿日期: 1996-03-01)